СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.634.2

Л.В. БОРИСОВА

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКЕ КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Рассматривается механизм нечеткого логического вывода интеллектуальной информационной системы (экспертной системы), предназначенной для принятия решений по технологической регулировке сложных уборочных машин.
Ключевые слова: *технологическая регулировка, нечеткие множества, принятие решений, обобщенная модель.*

Введение. Известно, что результативность и эффективность уборочных работ зависит от успешного решения задачи управления технологическим процессом, осуществляемым зерноуборочным комбайном [1-3]. Поиск оптимальных решений определяется спецификой рассматриваемой предметной области. Внешние факторы уборки, показатели качества работы и такие регулируемые параметры, как состояние стеблестоя, влажность зерна и стеблестоя, засоренность, интенсивность потерь, состояние бичей и подбарабанья и др., характеризуются изменчивостью, неопределенностью и в большинстве своем представлены качественными показателями (например, стеблестой сухой, засоренность высокая, изношенность планок значительная и т.п.). Эффективность реализации процессов принятия решений при управлении сложными техническими системами, в частности зерноуборочным комбайном, зависит в определяющей степени от используемой модели представления знаний об объектах предметной области и их отношениях.

В настоящее время отсутствует адекватное математическое описание процесса принятия решений при управлении технологическим процессом комбайновой уборки. Имеющиеся корреляционно-регрессионные модели отношений между внешними факторами, регулируемыми параметрами и показателями качества работы, представляют собой достаточно громоздкие математические конструкции (причем не всегда адекватно отражающие действительность), и их использование в реальном времени и в сложных практических условиях затруднено [4-6].

Большая часть информации о стратегиях принятия решений поступает непосредственно от эксперта и представлена в словесной форме. Алгоритмы принятия решений предназначены для оперативного использования, т. е. должны работать в реальном времени.

Таким образом, необходимость решения задач технологической регулировки комбайнов обуславливает потребность поиска новых методов решения задач управления технологическим процессом. Ранее проведенные исследования наглядно показали, что данная предметная область сложна и в настоящее время не достаточно формализована [7].

Сложность формализации предметной области диктует необходимость применения аппарата нечетких множеств, приближенных рассуждений и нечеткой логики. В этом случае исходят из предположений, что в роли эксперта выступает достаточно квалифицированный специалист, имеющий успешный опыт работы, приобретенный им в результате большого числа итераций решения одних и тех же задач в различных производственных ситуациях. При этом эксперт принимает решение на основе достаточно гибких решающих правил.

Принятый подход. При выполнении уборочных работ можно выделить четыре типа задач: это задачи измерения входных и выходных признаков, прогнозирования значений показателей результативности и эффективности уборки, настройки и корректировки технологических регулировок. Ярко выраженными задачами принятия решений в нечетких условиях являются две последние задачи технологической регулировки (рис.1).

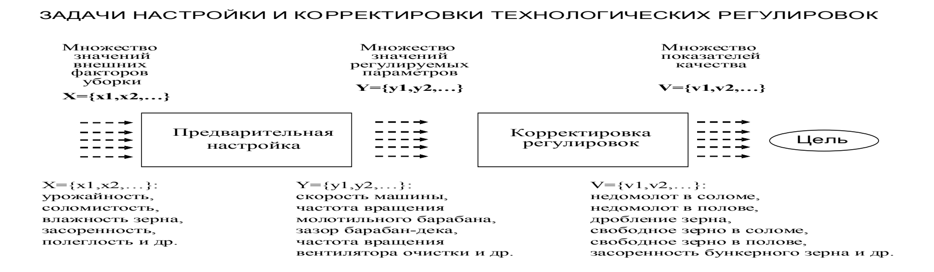


Рис.1. Задачи настройки и корректировки технологических регулировок

В соответствии с логико-лингвистическим подходом [8, 9] нами разработаны модели входных и выходных признаков X, Y, V в виде семантических пространств и соответствующих им функций принадлежности:

$$\{X_i, T(X_i), U, G, M\}, \qquad \mu_R(x_1, x_2, \ldots, x_{i,}) \in (0; 1),$$
$$\{Y_j, T(Y_j), U, G, M\}, \qquad \mu_R(y_1, y_2, \ldots, y_{j,}) \in (0; 1),$$
$$\{V_k, T(V_k), U, G, M\} \qquad \mu_R(v_1, v_2, \ldots, v_{k,}) \in (0; 1).$$

В результате анализа получена обобщенная модель предметной области «технологическая регулировка» в виде композиции нечетких отношений рассматриваемых семантических пространств.

$$R_1 \circ R_2 \text{ для } \forall x \in X; \ \forall y \in Y; \ \forall v \in V$$
$$\mu_{R1 \circ R2}(x, v) \vee (\mu_{R1}(x,y) \wedge \mu_{R2}(y,v)), \qquad (1)$$

где R_1 – нечеткое отношение между факторами внешней среды и регулируемыми параметрами $R_1\{X_i,T(X_i),U,G,M\} \times \{Y_j,T(Y_j),U,G,M\}$; $\forall (x,y) \in X \times Y$;
R_2 – нечеткое отношение между регулируемыми параметрами и показателями качества работы комбайна $R_2\{Y_j,T(Y_j),U,G,M\} \times \{VZ_k,T(V_k),U,G,M\}$; $\forall (y,v) \in Y \times V$.

Результаты моделирования позволили разработать механизм вывода решений экспертной системы по технологической регулировке машины, основанный на нечетком индуктивном выводе.

Алгоритм решения задач. Приближенные рассуждения представляют собой процесс, при котором из нечетких посылок выводятся некоторые следствия (возможно также нечеткие). Подобного рода рассуждения лежат в основе способности человека понимать «естественный» (и профессио-

нальный как составляющую) язык при выполнении умственной деятельности, принимать решения в сложной и не полностью определенной среде.

Решение задач предварительной настройки и корректировки технологических регулировок может быть реализовано на основе дедуктивного и индуктивного вывода решений:

Дедуктивный вывод: Индуктивный вывод:

$$\frac{\begin{array}{l} \text{если} \quad A, \quad \text{то} \quad B; \\ A - \text{истинно}; \end{array}}{B - \text{истинно}.} \qquad \frac{\begin{array}{l} \text{если} \quad A, \quad \text{то} \quad B; \\ B - \text{истинно}; \end{array}}{A - \text{более} \quad \text{правдоподобно}} \qquad (2)$$

Здесь посылка А и следствие В – некоторые высказывания (факты) в процессе принятия решений в конкретных ситуациях.

Общими этапами в этих схемах являются этапы фаззификации, композиции и дефаззификации. На этапе фаззификации необходимо представить условия решения задачи в лингвистической форме. Другими словами, осуществить переход из «четкого», количественного описания, в «нечеткое» (лингвистическое) представление. Этот переход представляется целесообразным, так как на самом деле мы не имеем точного описания состояния как факторов внешней среды, так и регулируемых параметров машины. А основным положением является то, что экспертные знания, по сути, представлены в лингвистической форме.

На этапе композиции получаем решение задачи в нечетком представлении, используя нечеткие экспертные знания и нечеткий логический вывод.

Суть этапа дефаззификации заключается в выработке на основе нечеткого логического вывода конкретных рекомендаций по изменению регулировок. Например, для дедуктивной схемы вывода экспертное правило имеет вид:

ЕСЛИ < культура «пшеница» И урожайность «средняя» И засоренность поля «малая» И соломистость «нормальная» И влажность хлебостоя «сухой»>, ТО <частота вращения молотильного барабана пониженная>.

В результате решения задачи будут получены конкретные числовые значения параметров рабочих органов комбайна (начальные значения, соответствующие факторам внешней среды).

При индуктивной схеме вывода экспертное правило имеет вид:

ЕСЛИ <частота вращения молотильного барабана повышенная И состояние бичей молотильного барабана изношенное И зазор между барабаном и декой номинальный

И зазор между молотильным барабаном и декой по всей ширине МСУ неравномерный, ТО дробление зерна повышенное>.

В результате выполнения алгоритма будут получены конкретные значения измененных регулируемых параметров, способствующих устранению возникшего нарушения техпроцесса.

Характерной особенностью предлагаемого подхода является то, что при индуктивной схеме вывода решений приходится неоднократно возвращаться к этапу композиции. Это связано с тем фактом, что при внесении корректирующих действий, т.е. изменений значений параметров рабочих органов при устранении одного внешнего признака нарушения техпроцесса

(ситуация А), необходимо проверить гипотезы (а в нашей терминологии - нечеткие высказывания) о возможности появления других разрегулировок (ситуации Б и т.д).

Результаты моделирования предметной области позволили значительно модернизировать механизмы вывода решений экспертной системы [10]. На рис.2 представлен алгоритм индуктивного нечеткого вывода, позволяющий значительно приблизиться к решению задачи автоматизации процесса принятия решений по технологической регулировке комбайна.

Кратко рассмотрим шаги алгоритма автоматизированного решения задачи.

Этап фаззификации предполагает выполнение шагов 1-9. Анализируется исходная ситуация, пользователь выбирает конкретный внешний признак нарушения технологического процесса. Из базы данных извлекаются соответствующие лингвистические переменные, их значения – термы, значения функций принадлежности, как для показателя качества, так и регулируемых параметров.

Этап композиции (шаги 10-12) заключается в построении обобщенной лингвистической переменной множества всех возможных сочетаний регулируемых параметров и в определении степени истинности. Определение истинности высказываний производится в соответствии с системой нечетких высказываний [7], отражающей взаимосвязь значений показателя качества техпроцесса с возможной комбинацией регулировочных параметров рабочих органов комбайна.

На шагах 13-18 определяются корректирующие воздействия, т.е. выбираются параметры регулировок, а также рассчитываются их скорректированные значения. На шагах 19-20 выполняется проверка истинности высказанных предположений по корректировке регулировок.

Важной особенностью предлагаемого алгоритма является наличие шагов 21-22. Здесь выдвигаются гипотезы (в нашем случае высказывания о ситуациях) о возможном изменении значений других показателей качества при изменении конкретного регулируемого параметра. В цикле на шагах 9-12 проверяется степень истинности таких ситуаций. В случае, если новое значение регулируемого параметра не ухудшает ситуацию, делается вывод о завершении итераций алгоритма и выдаче пользователю готового решения.

Выводы. Таким образом, модель предметных областей на основе нечетких экспертных знаний позволила разработать алгоритм решения рассматриваемых задач. Созданные база знаний и механизм вывода решений для задач предварительной настройки и корректировки технологических регулировок составляют основу интеллектуальной информационной системы (экспертной системы), использование которой в практических условиях позволяет снизить время на технологические простои и сократить потери урожая. В настоящее время программно-аппаратный комплекс «Электронный эксперт» реализован на базе карманного персонального компьютера.

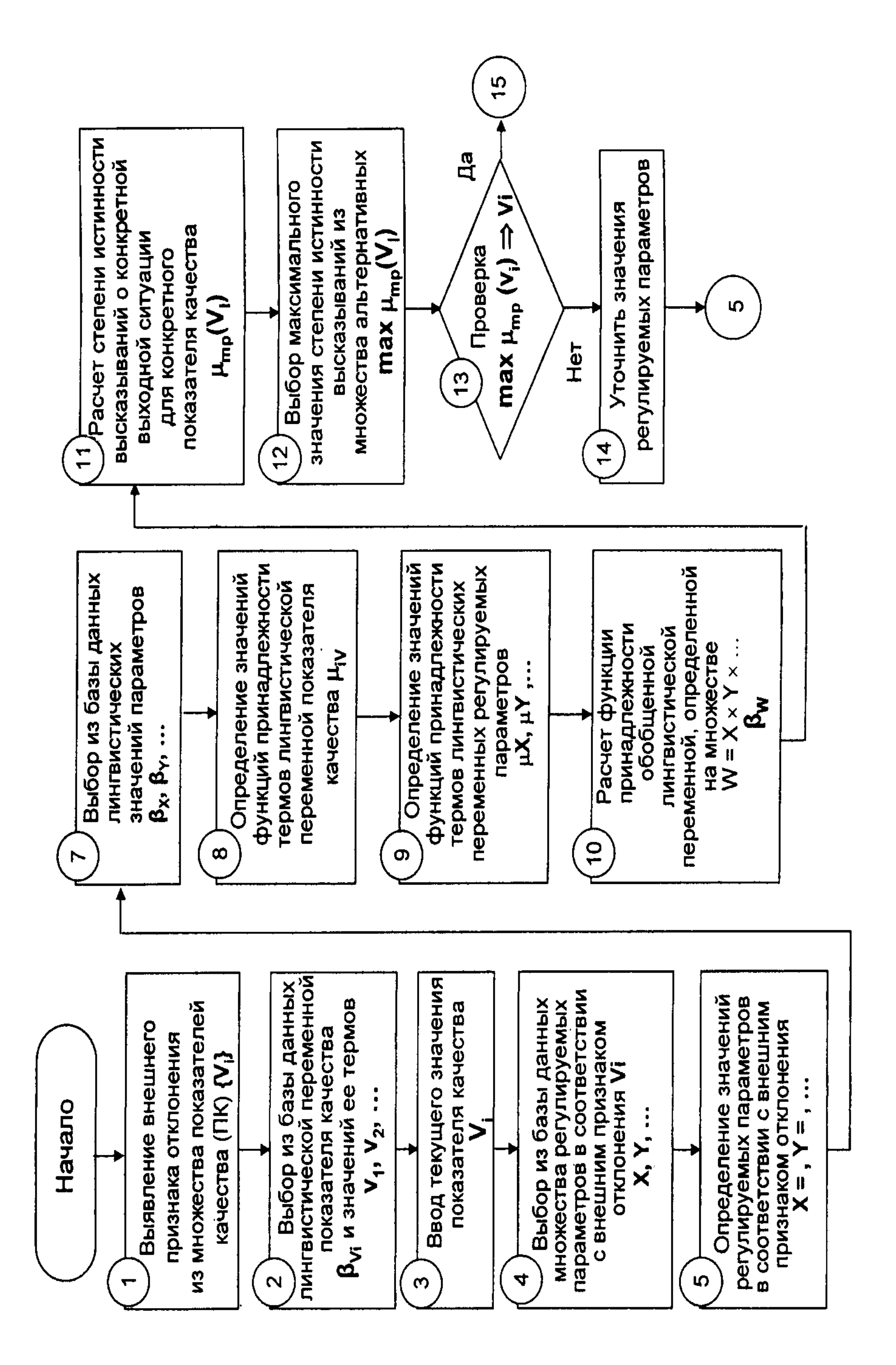


Рис.2. Схема алгоритма индуктивного нечеткого вывода по корректировке технологических регулировок комбайна

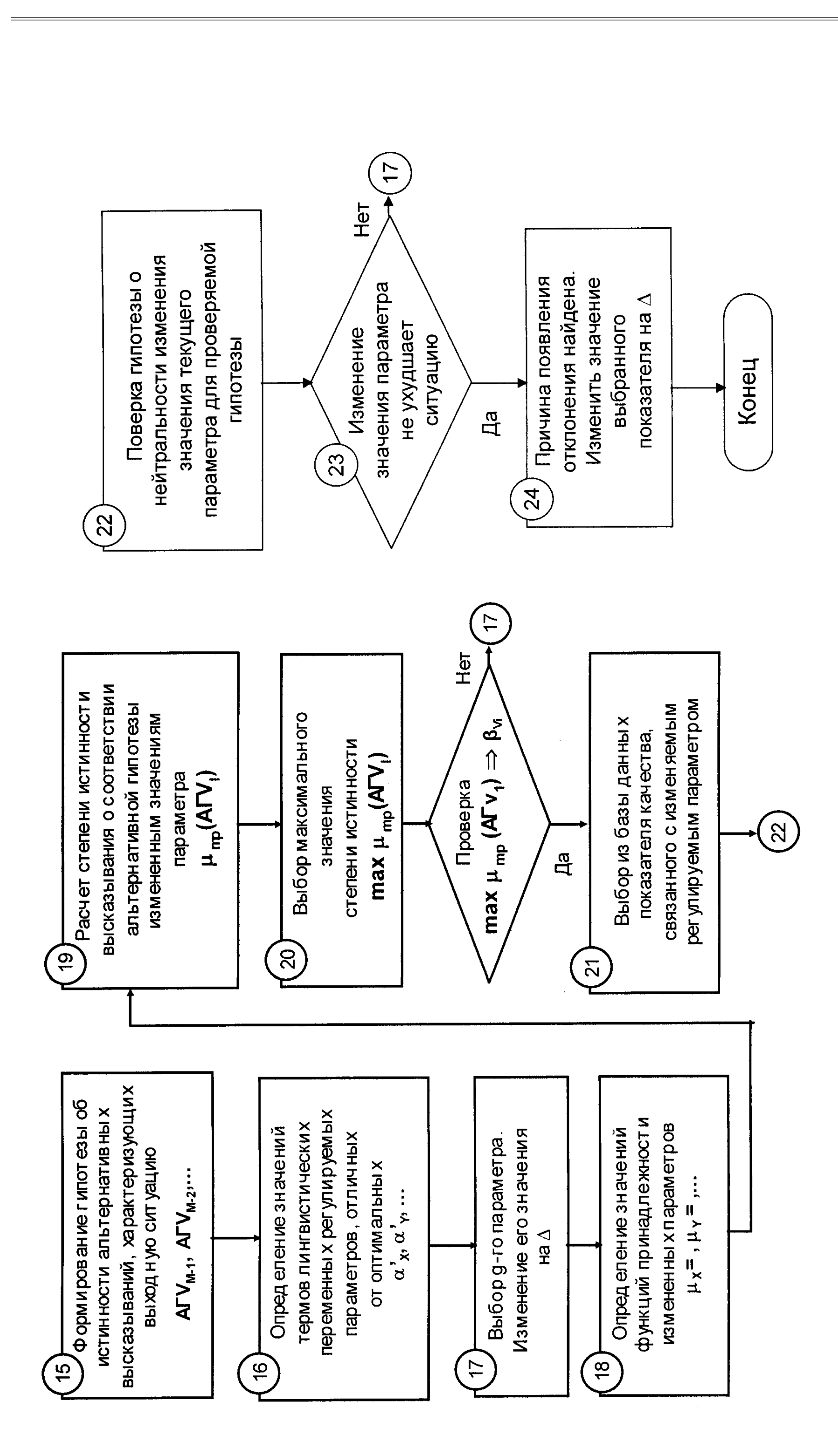


Рис.2. Окончание

Библиографический список

1. Уборка урожая комбайнами «Дон» / По ред. Э.И.Липкович и др. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 220 с.
2. Жалнин Э.В., Савченко А.Н. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами. – М.: Россельхозиздат, 1985.- 207 с.
3. Стефанский В.В. Эксплуатация комбайнов «Дон».- М.: Росагропромиздат, 1988.- 94 с.
4. Ветров Е.Ф., Генкин М.Д., Литвин Л.М. и др. Оптимизация технологического процесса по статистическим данным // Машиноведение. – 1986. – №5. – С. 48-55.
5. Ерохин С.Н., Решетов А.С. Влияние технологических регулировок на потери зерна за молотилкой комбайна Дон-1500// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №6. – С.18-19.
6. Царев Ю.А., Харьковский А.В. Перспективы использования электронной системы управления в комбайнах «Дон» и «Нива» //Тракторы и сельхозмашины. – 2005. – № 1. – С.37-38.
7. Борисова Л.В. Методика моделирования предметной области «технологическая настройка» в нечеткой постановке // Доклады РАСХН. – 2005. – №6.
8. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.
9. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
10. Димитров В.П. Об организации технического обслуживания машин с использованием экспертных систем // Вестник ДГТУ. – 2003. – Т.3. – №1 (15).

Материал поступил в редакцию 10.05.07.

L.V. BORISOVA

DESCISION MAKING ON A COMBINE HARVESTER'S TECHNOLOGICAL ADJUSTMENT ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION

The mechanism of expert system's fuzzy logic conclusion for decision making on technological adjustment of a combine harvester is considered.

БОРИСОВА Людмила Викторовна, доцент кафедры «Управление качеством» ДГТУ (2002), кандидат технических наук (2001). Окончила РГАСХМ (1991).
Сфера научных интересов: системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции (экспертные системы), менеджмент качества. Имеет 138 научных работ, в том числе 9 учебных пособий и монографий.